

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky

**Sofwarové aplikace pro laboratorní měření
a zpracování dat v elektronice**

Software applications for laboratory measurement and data
processing in electronics

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární či elektronické prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V dne

.....
podpis

Poděkování:

Děkuji především vedoucímu této bakalářské práce panu Ing. Václavu Kolářovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace, připomínky a odborné vedení.

Abstrakt:

Předmětem této bakalářské práce je vytvoření a popis softwarové aplikace, která bude nadále využívána pro laboratorní měření v předmětu Elektronika (na Strojní fakultě). Tato aplikace je navržena pro měření teploty pomocí počítače, specializovaného hardwaru a elektronických senzorů. Práce se nadále zabývá problematikou měření fyzikální veličiny teploty za pomoci počítačového vybavení, problematikou grafického programování, přehledem dnes dostupných řešení pro měření pomocí počítače a především návrhem konkrétní aplikace s měřicím vybavením a programem LabView od společnosti National Instruments.

Abstract:

Subject of this bachelor work is creating and describing software application, witch will be used for laboratory measurement in subject Electronic (on Faculty of Mechanical Engineering). This application is proposed for temperature measurement by the using of computer, specialized hardware and electronic sensors. Another goal of this work is describing a problematic of measurement physical quantity temperature with support of computer, problematic of graphic programming, overview of availability of computer measurement technologies and first of all writing an application with measurement equipment and a program LabView from the National Instruments.

Klíčová slova:

Elektronické měření, počítačové měření, měření, LabView, teplota, grafické programování, virtuální měřicí přístroj, univerzální měřicí karta, karta DAQ, rozhraní GPIB, D/A převodník, A/D převodník, termistor, dioda, PT1000, SMT160.

Keywords:

Electronic measurement, computer measurement, measurement, LabView, temperature, graphic programming, virtual instrument, universal measurement card, DAQ card, GPIB interface, D/A converter, A/D converter, thermistor, diode, PT1000, SMT160.

Seznam použitých symbolů a zkratek:

PC – personal computer

PCI – rozhraní počítače pro připojení rozšiřujících karet

PCI express – modernější rozhraní pro připojení rozšiřujících karet do počítače

RAM – random-access memory, operační paměť

FIFO – first in first out, druh vyrovnávací paměti

DMA – direct memory access, řadič který umožňuje přímý přístup do paměti

USB – Universal seriál bus, sériové rozhraní počítače

Plug-n-play – standard pro připojení zařízení k počítači bez nutnosti instalace

PCMCIA – rozhraní počítače nejběžnější u notebooků

DAQ – Data aquisition, měřicí karta

GPIB – General purpose interface bus, rozhraní pro počítačová měření

IEEE 488 – standard pro rozhraní GPIB

A/D, D/A – analog/digital, digital/analog převodníky

VI – virtual instrument, virtuální měřicí přístroj

TTL/IO – Transistor-Transistor-Logic/Input-Output

HMI - Human-Machine Interface, rozhraní člověk-stroj

Obsah:

1. Úvod	1
2. Měření a získávání dat pomocí PC	2
2.1. Měření teploty	2
2.2. Měřicí hardware	2
2.3. DAQ měřicí karty	3
2.4. Univerzální měřicí karty	5
2.4.1. Podkategorie univerzálních měřících karet	6
2.5. GPIB rozhraní	6
2.6. Virtuální měřicí přístroj	7
2.7. A/D a D/A převodníky	8
2.7.1. Princip převodu	8
2.8. Software pro zpracování měřených dat	9
2.8.1. Historie	10
2.8.2. Grafické programování	10
2.8.3. LabView	11
2.8.4. Programovací nástroje v LabView	12
2.9. Měřicí systémy	14
2.9.1. Měřicí systémy od National Instruments	14
2.9.2. Měřicí systémy jiných společností	15
2.10. Další produkty od National Instruments	17
3. Hardwarová část projektu	18
3.1. DAQ měřicí karta	18
3.2. Přípravek měření teploty	19
3.2.1. Dioda	19
3.2.2. Termistor	19
3.2.3. SMT160	19
3.2.4. PT1000	20
4. Softwarová část projektu	21
4.1. Grafické rozhraní aplikace	21

4.2. Průběh programu a výpočty.....	22
4.3. Popis součástí.....	24
5. Závěr.....	26
6. Literatura a prameny.....	27
7. Přílohy	28

1. Úvod

Elektrická měření jsou využívána dnes a denně v mnoha odvětvích průmyslu, vědy, či studia. Stále větší popularitě se těší měření elektrických veličin za pomoci počítače. Počátky tohoto měření lze hledat v osmdesátých letech dvacátého století, kdy společnost National Instruments našla způsob, jak efektivně získávat a uchovávat data na jednom místě, jak s nimi pracovat bez širších znalostí programovacího jazyka a dala tak za vznik programu LabView, který byl původně navržen na platformu Macintosh. Díky vývoji a konkurenci dnes najdeme na trhu mnoho produktů od různých výrobců, dostupné pro všechny běžné platformy, pro měření široké škály veličin (i neelektrických), pro využití v mírných i extrémních podmínkách.

S jedním z takovýchto systémů je spjat i projekt, který je předmětem této práce. Konkrétně se jedná o měření neelektrické veličiny – teploty. Ta byla měřena za pomoci předvytvořeného elektronického nástroje – přípravku a změřená data byla následně převedena do počítačového systému, kde byla dále zpracovávána. Výstupní hodnoty budou dále předmětem laboratorních měření v předmětu Elektronika na strojní fakultě.

Tato bakalářská práce je rozdělena do čtyř částí. První – teoretická část se věnuje popisu měření elektrických veličin a popisu měření teploty orientované na měření pomocí PC. Také v této části lze nalézt historii a funkci dnes běžně používaných měřících systémů, jejich využití v praxi a softwarovým systémem LabView. Další kapitola je zaměřena především na hardwarovou část projektu, tedy popis použitého přípravku, bližší specifikace použité měřicí karty a rozhraní, se kterými projekt pracuje. Třetí část se pak zaměřuje na software. Popisuje konkrétní funkce programu LabView, ve kterém je projekt vytvořen a výslednou aplikaci, která pracuje s daty. V poslední – čtvrté části pak lze nalézt zhodnocení výsledků a závěr práce.

2. Měření a získávání dat pomocí počítačů

Obecných způsobů, jak změřit danou veličinu a přenést ji do počítače pomocí elektronického zařízení je v dnešní době několik. V této práci se budeme zabývat především způsobem, který je založen na virtuálním měřicím přístroji (dále jen VI), který nahrazuje spoustu jinak nutných měřicích zařízení. VI pro svou funkci potřebuje na straně hardwaru měřicí karty, které lze různě kombinovat jako komponenty, na straně softwaru pak VI získává velkou výhodu nad běžnými přístroji, jako jsou multimetry nebo osciloskopy, které jsou pevně naprogramované na předem danou funkci.

2.1. Měření teploty

Teplota je základní fyzikální veličina soustavy SI. Jednotkou termodynamické teploty T je kelvin (K) a vedlejší – Celsiova teplota se značí t a má jednotku stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Nejnížší možnou teplotou je teplota absolutní nuly (0 K; $-273,15^{\circ}\text{C}$), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze ji dosáhnout. Vztah mezi Kelvinovou a Celsiovou teplotou lze vyjádřit následujícím vzorcem.

$$T(K) = 273,15 + t(^{\circ}\text{C})$$

Vz.1

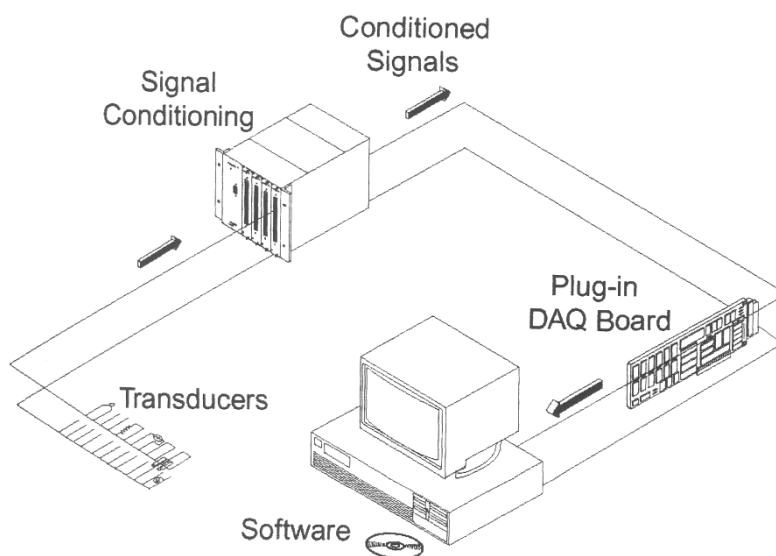
Teplota se měří tak, že se uvede do vzájemného styku těleso, jehož teplotu chceme měřit a těleso srovnávací. Po vytvoření tepelné rovnováhy je teplota tělesa rovna teplotě srovnávacího tělesa. Srovnávací těleso je obvykle nazýváno teploměrem. K určování teploty se využívá závislosti vhodně zvolených fyzikálních veličin na teplotě. Díky tomu lze převést měření teploty na měření jiných veličin. Mezi takovéto závislé veličiny patří délkové rozměry, objemy kapalných nebo pevných těles, tlak plynů (teplotní roztažnost a rozpínavost), elektrický odpor vodičů a polovodičů a elektromotorické napětí termoelektrických článků.

2.2. Měřicí hardware

Aby bylo možné získávat měřená data do počítače, popřípadě je z počítače nějakým způsobem exportovat, potřebujeme k tomu zařízení, které to umožní. V této práci se budeme zabývat především produkty od společnosti National Instruments a jen pro srovnání produkty například od Control Web, InTouch a dalšími méně obvyklými. Mezi nejpoužívanější zařízení pro sběr dat jsou DAQ karty nebo také univerzální měřicí karty a rozhraní GPIB, které je dnes postupně nahrazováno modernějšími komunikačními rozhraními.

2.3. DAQ

DAQ je jeden ze způsobů sběru dat pro měření pomocí počítačů. Využívá speciálních DAQ karet, které můžeme potkat ve dvou běžných provedeních: Externí nebo interní pro počítačovou PCI (PCI express) sběrnici. Signál pro tyto karty je získáván ze senzorů či snímačů. Po získání měřeného signálu bývá v mnoha případech nutné signál zesílit a k tomu jsou využívány zesilovače signálu.



Obr. 1: DAQ systém sběru dat za použití interní DAQ karty [1]

Externí DAQ karty jsou k počítači připojovány nejčastěji pomocí komunikačního portu USB, rozhraní FireWire nebo PCMCIA. Rozhraní pro připojení snímaného signálu je vždy různé a záleží tak na konkrétním modelu. U interních DAQ karet je použito rozhraní PCI nebo PCI express na základní desce počítače. Interní karty však mají problém s nedostatkem místa na konektory v zadní části počítače a tak je obvykle nutné použití externího boxu a specifického kabelu pro přivedení signálů do karty. Tento kabel je pro svou exotičnost, množství jednotlivých drátů a náročnému stínění velmi nákladný.

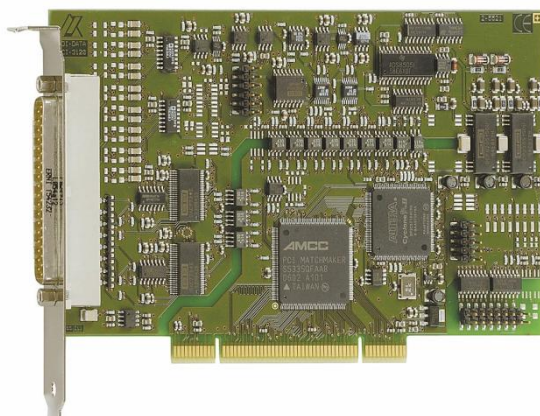
DAQ karta (ať už interní nebo externí) se skládá z několika základních součástí. Rozhraní TTL/IO, vysokorychlostní časovač, RAM paměť, A/D a D/A převodník a multiplexer. Všechny tyto součásti jsou dostupné přes sběrnici za pomoci mikrokontroléru, který spouští malé ovládací podprogramy. Použití mikrokontroléru je efektivnější než pevné propojení jednotlivých součástí a je levnější než použití běžného počítačového procesoru.

TTL/IO rozhraní je logická tranzistorová jednotka, která se u DAQ karet používá pro zpracování digitálního signálu. Vysokorychlostní časovač pro zpracování velkého množství

vzorků za 1s. Obvykle se hodnoty pohybují mezi tisíci až miliony vzorky za sekundu, což je závislé od použitého typu karty a na dalších faktorech při měření. Jedny z nejdůležitějších částí jsou A/D a D/A převodníky. Ty slouží k převodu mezi analogovým a digitálním signálem a tak umožňují měření libovolného analogového signálu zesíleného zesilovačem a přivedeného na vstup. Až v digitální podobě je možné signál zpracovat v počítači za použití specializovaného softwaru (např. LabView). Multiplexer pak slouží ke směšování či spojování jednotlivých signálů. Poslední ze jmenovaných součástí je RAM paměť, která je potřebná pro ukládání mezivýsledků zpracovávání signálů.



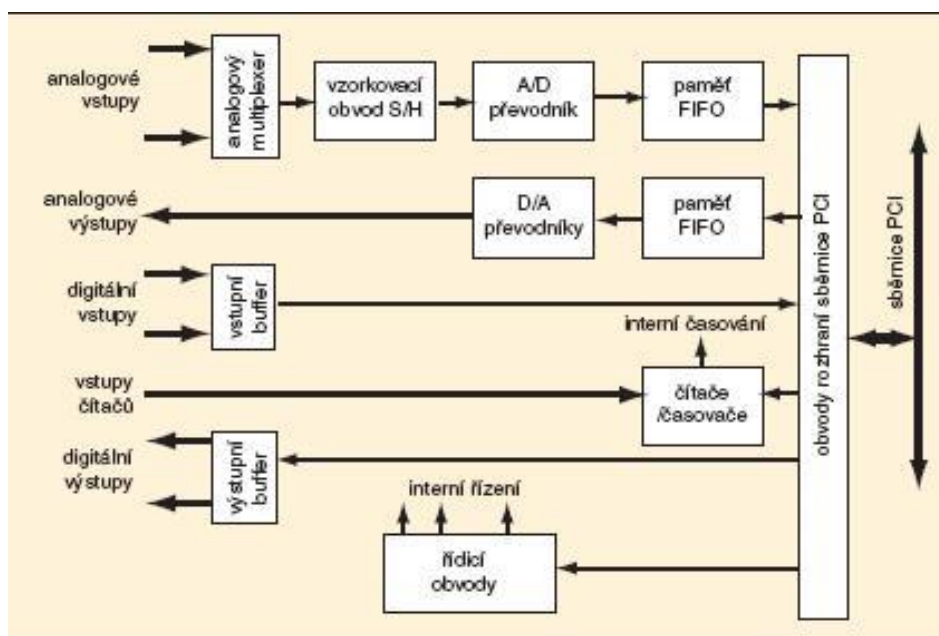
Obr. 2: Příklad DAQ externí karty od National Instruments [2]



Obr. 3: Příklad DAQ interní karty od ADDI-DATA

2.4. Univerzální měřicí karty

V širokém sortimentu zásuvných karet se v průběhu času vytvořila zvláštní kategorie, dnes nazývaná jako univerzální měřicí zásuvná karta do PC. Zahrnuje v sobě základní vstupy a výstupy nezbytné pro obsluhu experimentu nebo základní regulační úlohy. Blokové schéma univerzální měřicí karty, v současné době určené především pro sběrnici PCI (nebo PCI Express), ukazuje obrázek (Obr. 4). Jednou z hlavních částí této karty je jeden nebo více vstupů pro digitální měření analogové hodnoty napětí. Parametry digitalizace jako jsou maximální vzorkovací kmitočet, linearita, velikost chyby závisejí na vlastnostech jednotlivých prvků ve schématu. Při návrhu konkrétní karty a tedy ještě před osazením součástkami lze schéma navíc různým způsobem modifikovat: Zjednodušit vypuštěním některých prvků jako např. vzorkovacího obvodu, nebo naopak přidáním části zlepšující vlastnosti desky pro specifické aplikace (např. galvanické oddělení, pomocné obvody pro převodníky neelektrických veličin). Kategorie univerzálních měřicích desek se pak rozčlení na několik podkategorií, které se liší určením pro každou specifickou třídu aplikací a samozřejmě i cenou. Pro účely přehledu dostupných univerzálních měřicích desek dostupných v ČR je uvedeno dále členění do několika podkategorií.



Obr. 4: Schéma univerzální měřicí karty [14]

2.4.1. Podkategorie univerzálních měřících karet

- **Desky pro informativní měření:** Jsou určeny pro nenáročná informativní měření statických, nebo pomalu se měnících napěťových úrovní.
- **Desky pro standardní měření v nenáročných podmínkách:** Jsou vhodné pro všechna standardní měření v laboratořích nebo v nenáročných průmyslových podmínkách. Pro těžší podmínky bývají doplňovány externími adaptéry pro úpravu nebo galvanické oddělení signálů.
- **Desky pro měření v průmyslovém prostředí:** Jsou konstruovány s ohledem na náročnější prostředí. Obsahují obvody pro eliminaci rušivých signálů, obvody ochrany proti zničení přepětím, popř. mají vestavěné galvanické oddělení.
- **Desky pro měření se zvýšenou citlivostí a přesností:** U těchto desek je věnována pozornost citlivosti a kvalitě vstupních obvodů, aby je bylo možné použít pro věrohodné měření nízkých napěťových úrovní. V průmyslu je lze využít pro zpracování signálů z termoelektrických článků, nacházejí uplatnění i při měření nízkých potenciálů na výstupu chemických a biologických čidel.
- **Desky pro měření rychlých dějů:** jsou určeny pro rychlé vzorkování rychlých napěťových průběhů. Mívají vyrovnávací paměť FIFO o vyšší kapacitě, možnost přímého přenosu digitalizovaných hodnot do paměti PC prostřednictvím DMA a rozšířené možnosti spouštění měření odvozené od měřeného napětí s možností předsunout nebo odsunout spuštění měření spouštěcí události.
- **Desky pro přímé připojení převodníků neelektrických veličin:** Nejčastěji se objevují desky umožňující přímé připojení termoelektrických článků, odporových teploměrů nebo tenzometrických můstků. Obsahují již všechny pomocné a napájecí obvody potřebné k funkci těchto převodníků.

2.5. GPIB

GPIB je rozhraní, které v šedesátých letech vyvinula společnost Hewlett Packard. Dnes je toto rozhraní standardizováno a známé pod označením IEEE 488. Toto rozhraní má 24 pinů a umožňuje připojit více jak 15 zařízení, která společně sdílí osmibitovou paralelní sběrnici. K používání tohoto rozhraní je ovšem nutné mít v počítači GPIB rozhraní, dnes dostupné jako PCMCIA karta, interní PCI karta a nebo plug-n-play USB převodník. Dnes je možné toto rozhraní najít u přístrojů jako jsou osciloskopy, ale již není používán v tak široké míře a je postupně nahrazováno jinými.



Obr. 5: GPIB konektor

2.6. Virtuální měřicí přístroj

Virtuální měřicí přístroj (dále jen VI) je velmi výkonný nástroj, který může nahradit spoustu běžně používaných měřicích přístrojů založených na konceptu účelnosti, tedy jeden přístroj je určen pro měření jedné veličiny. To odpovídá přístrojům jako Voltmetr, Ampérmetr, teploměr a podobně.

S konceptem VI se můžeme setkat již v sedmdesátých letech. V té době jeho obliba a využití prudce vzrostly. K největšímu rozšíření VI došlo po vytvoření nástroje LabView od National Instruments a dalších programů jiných společností, které zahrnují vývojové prostředí pro grafické programování, čímž se přiblížily většímu spektru uživatelů. Dnes je VI v praxi naprosto běžně využíván a to jak na profesionální úrovni, tak pro méně odborné uživatele.

V podstatě tento systém můžeme rozdělit na 2 základní součásti – na hardwarovou a softwarovou. U VI jsou jako hardware používány předdefinované moduly, které slouží jako libovolně kombinovatelné komponenty. Jedná se o univerzální měřicí karty. Tyto moduly fungují obdobně jako například multimetry nebo osciloskopy, které obsahují zabudované kompletní měřicí a analytické funkce. Ty však díky pevnému naprogramování nejsou dosti univerzální a měří, či počítají jen omezené funkce. VI tento „nedostatek“ řeší tím, že různé moduly mohou být různě kombinovány a společně zpracovány v softwarové části.

Softwarová část je tak hlavním rozdílem mezi VI a hardwarově založenými měřicími přístroji. Nahrazuje velké množství hardwaru, jehož by bylo nutno použít u složitějších řešení. Navíc VI může pracovat i s hardwarem, který není pro něj v základu určen díky A/D a D/A převodníkům.

2.7. A/D a D/A převodníky

Obecně lze říct, že A/D (neboli analog / digital) převodník je elektronická součástka, která převádí spojitý signál na diskrétní (tzn. analogový na digitální). Důvodem převodu je zpracování analogového signálu v počítači. V digitální podobě se také signál lépe zpracovává a uchovává. Digitální signál lze také převést na analogový pomocí D/A převodníků. Nejčastěji se tyto převodníky dnes vyskytují u zpracování zvuku nebo obrazu jako jsou hudební CD, kde při přehrávání je užit D/A převodník a u záznamu A/D převodník.



Obr. 6: čtyř-kanálový stereofonní A/D převodník Wolfson Microelectronics [11]

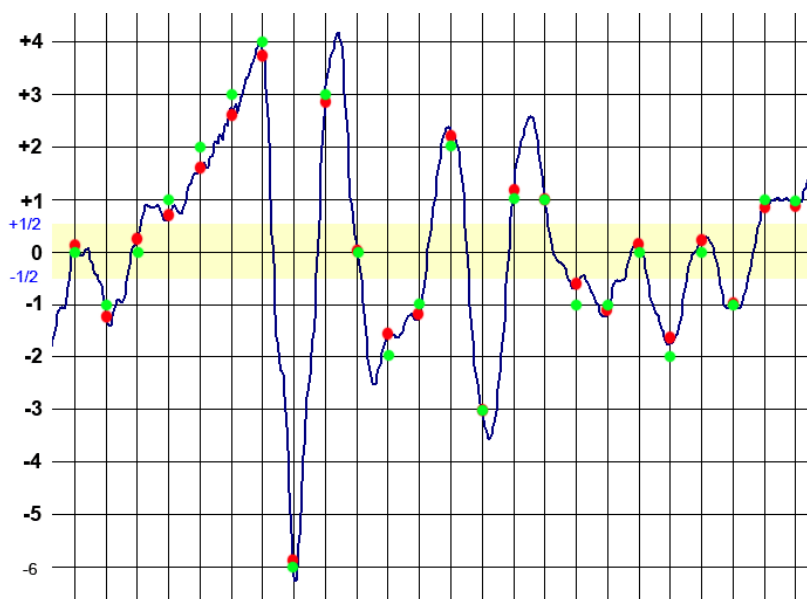
2.7.1. Princip převodu

Převod spojitého signálu na diskrétní se skládá ze dvou fází. Nejprve se provede vzorkování signálu a poté následuje kvantování.

Vzorkování se provede tím způsobem, že rozdělíme osu signálu, na které je čas (obvykle se jedná o vodorovnou osu) na rovnoměrné úseky a z každého úseku odebereme jeden vzorek. Je přitom zřejmé, že tak z původního signálu ztratíme mnoho detailů, protože namísto spojitě čáry, kterou lze donekonečna zvětšovat dostáváme pouze množinu diskrétních bodů s intervalem odpovídajícím použité vzorkovací frekvenci. Chyba vzorkování může ovšem být ještě daleko horší. Pokud se totiž v původním spojitém signálu vyskytuje frekvence vyšší než je polovina vzorkovací frekvence (nazývaná též Nyquistova frekvence), dojde k úplnému a nenávratnému zkreslení signálu díky jevu nazývanému se aliasing. Aliasingu se dá zabránit jedině takzvaným antialiasing filtrem, což je dolní propust' zařazená před převodníkem. Ta nedovolí frekvencím vyšším než je Nyquistova frekvence vstoupit do převodníku.

Vzhledem k tomu, že počítače a další zařízení dále zpracovávající digitální signál umí vyjádřit čísla pouze s omezenou přesností, je potřeba navzorkované hodnoty upravit i na svislé ose. Protože se hodnota vzorku dá vyjádřit pouze po určitých kvantech, nazýváme tuto fázi A/D převodu kvantování. Aby bylo možné určit, které hodnoty má po kvantování nabývat určitý vzorek, je třeba rozdělit prostor kolem jednotlivých hodnot na toleranční pásy. Kterémukoliv vzorku, který

padne do daného tolerančního pásu, je při kvantování přiřazena daná hodnota. Kvantované hodnoty se ve většině případů liší od skutečných navzorkovaných hodnot. Velikost kvantizační chyby je vzdálenost mezi kvantovanými a původními navzorkovanými body. Velikost této chyby se pohybuje v intervalu $+1/2$ až $-1/2$ kvantizační úrovně.



Obr 7: Analogový signál - červená kolečka jsou vzorkované hodnoty, zelená jsou kvantované hodnoty [11]

2.8. Software pro zpracování měřených dat

V České republice je dnes dostupných mnoho různých programů, od mnoha různých výrobců. Mimo jiné i díky internetu dnes můžeme narazit na stále více zahraničních výrobců měřících systémů, které nabízí své řešení i českým firmám a institucím. Tato práce se však zabývá především systémem od společnosti National Instruments a jeho softwarovým produktem LabView a pro srovnání s produkty InTouch od společnosti Wonderware a programem Control Web, který vyvíjí akciová společnost Moravské přístroje. Oba tyto produkty jsou v České republice systémem LabView silným konkurentem.

2.8.1. Historie

Počátky VI, na jehož konceptu jsou dnes všechny modernější grafické měřicí systémy založeny, bychom mohli hledat někde na konci sedmdesátých let. K většímu rozšíření došlo až s vytvořením systému LabView a dalších grafických programovacích jazyků. Právě vytvoření programu LabView lze považovat za jeden z hlavních milníků v počítačových měřicích systémech. Společnost National Instruments hledala cestu, jak efektivně minimalizovat čas potřebný k naprogramování systémů založených na přístrojové technice. Díky tomu roku 1983 vznikl první koncept LabView. Obsahoval uživatelské rozhraní s intuitivním ovládacím panelem a programovací metodologii blokového diagramu k naprogramování efektivního, softwarového a grafického přístrojového systému. První verze LabView byla dokončena v roce 1986 a byla určena pouze pro počítače Macintosh. I přes to, že počítače Macintosh nebyly příliš rozšířené pro technické výpočty a již vůbec ne pro aplikace přístrojové techniky, byly vhodné pro svou grafickou přirozenost. Jiné a rozšířenější operační systémy nebyly v této době vhodné kvůli špatné podpoře grafických aplikací.

Druhé verze se LabView dočkal již v roce 1990. Na základě ohlasů uživatelů první verze LabView a díky novým technologiím společnost National Instruments mohla program celý přepsat. Verze 2 tak obsahovala výkonnější a rychlejší kompilér a tím i rychlejším VI srovnatelný s rychlostí programů psaných v jazyce C. Další verze s číslem 3 přišla již v roce 1992 a přinesla rozšíření na systémy Windows a Sun OS. Tím se systém stal multiplatformní a uživatelé již nebyli omezení pouze použitím platformy Macintosh. Další verze přidávaly podporu širšího spektra platform jako Windows NT, Power Mac, HP Workstation, Windows 95. V roce 1996 byla do programu přidána možnost upravovat si uživatelské prostředí dle vlastních potřeb a návyků a v tomto roce již také obsahuje LabView editační a ladící nástroje. S dalšími verzemi byly přidávány nové užitečné nástroje a prostředky jako vestavěný Web server, ovládací struktura Framework, VI server, integrace Active X, možnost sdílení dat přes internet protokolem Data Socket, 3D nástroje, podpora objektově orientovaného programování, dálkové ovládání přes Web rozhraní a spousta dalších.

2.8.2. Grafické programování

Grafické programování používá některý z mnoha vizuálních programovacích jazyků. Ty se liší od běžných programovacích jazyků především způsobem, jakým se v nich program tvoří. Ve většině z těchto jazyků se vytváří program pomocí vývojových diagramů, kdy se spojují jednotlivé funkční součásti, a na základě vazeb se určuje funkce výsledného programu.

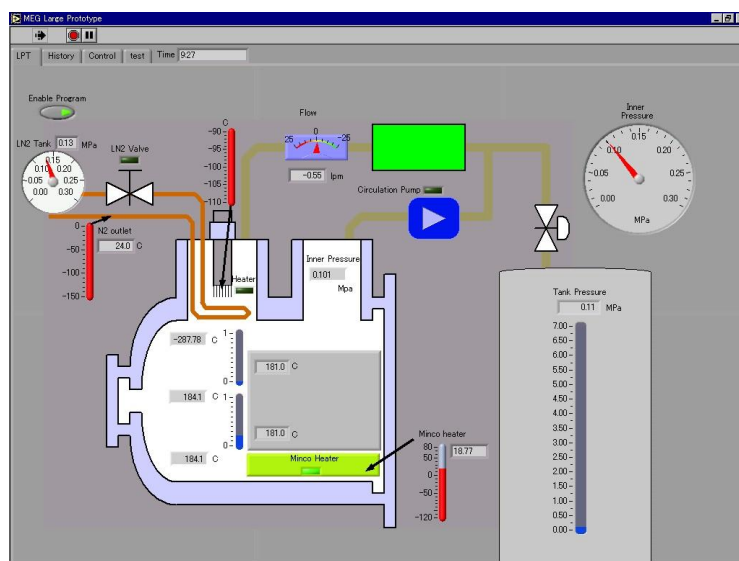
Běžné jazyky jsou textově orientovány, čímž jsou omezeny pouze na psaní textových příkazů, tvoření řádků zdrojového kódu, atp. Tento přístup navíc vyžaduje poměrně rozsáhlé znalosti konkrétního jazyka. Proto člověk, který chce vytvořit v takovém jazyku program, musí mít nejen znalosti programovacích technik, ale i znalosti jazyka, ve kterém program vytváří a v neposlední řadě musí být obeznámen s knihovnamí popřípadě jinými součástmi, které takový

jazyk pro vytvoření aplikace vyžaduje. Grafické programování eliminuje alespoň část těchto požadavků na programátora či uživatele. Vychází ve většině případů z práce s blokovými diagramy. Uživatel má tak na výběr určitou sadu nástrojů – bloků, které podle daných pravidel jazyka propojuje. Tím se eliminuje i spousta syntaktických detailů, o které se stará konkrétní vizuální jazyk, nikoliv programátor. Většina vizuálních programovacích jazyků je vytvořena pro konkrétní obor, ve kterém je využíván. A i když pro programování v takovém jazyce nejsou nutné hlubší znalosti programování, jsou potřebné znalosti z daného oboru tak, aby jim rozuměli konkrétní pracovníci.

2.8.3. LabView

LabView je především silným programovacím nástrojem založeným na principu grafického programování. Tento program od společnosti National Instruments má již více než 20 let tradici a spoustu uživatelů z řad průmyslu, vědy či školství. Je rozšířen především díky dalšímu velmi výkonnému nástroji, kterým disponuje. Jedná se o VI. Do každého programu, který uživatel vytváří, je možné vložit několik VI a libovolně je propojovat. Tímto způsobem lze vytvořit i síť několika tisíc či milionů VI na neomezeném počtu počítačů, které mohou společně pracovat.

LabView se skládá ze tří základních částí. Čelní panel, který je interaktivním uživatelským rozhraním, má svůj název podle toho, že simuluje podobu čelního panelu nějakého fyzického přístroje. Uživatel si tu může libovolně přidávat či ubírat tlačítka, grafy, číselníky a spoustu dalších interaktivních prvků. Druhou částí je blokový diagram, který tvoří zdrojový kód vytvářené aplikace. Zde pomocí konstant, proměnných, struktur, funkcí a spousty dalších vestavěných nástrojů lze propojením pomocí drátů vytvořit výslednou aplikaci. Třetí součástí tvoří podprogramy. Každá aplikace tak může být složena nejen z programu, který vytváříme, ale může obsahovat i více podprogramů, které je možné používat jako komponenty nebo stejně jako vestavěné funkce LabView.

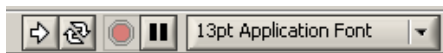


Obr. 8: Příklad čelního panelu LabView [4]

2.8.4. Programovací nástroje v LabView

Programovací nástroje LabView jsou již u mnoha verzí velmi podobné, avšak liší se v detailech, a proto zde bude popsána konkrétní verze: LabView 8.5. Nástroje, se kterými lze vytvářet v LabView programy, lze rozdělit do dvou skupin. Do jedné skupiny patří nástroje pro návrh čelního panelu programu a do druhé veškeré programovací nástroje pro vytváření blokového schématu. Palety nástrojů, ze kterých lze nástroje vybírat, jsou pro obě skupiny obdobné.

Při návrhu čelního panelu se tedy setkáme s několika dílčími nástroji. Jednotlivé nástroje jsou pak dále na obrázcích. Pro běh, zastavení, nebo pozastavení programu slouží 4 tlačítka na horním panelu. Na stejném panelu ještě najdeme výběrové menu pro volbu velikosti a typu písma. Dalším z nástrojů je panel Tools. Tyto tlačítka jsou stejné pro obě skupiny, tedy i pro návrh čelního panelu i pro návrh blokového schématu. K popisu jednotlivých tlačítek: Horní široké tlačítko slouží k automatické volbě, kdy se intuitivně vybírá nástroj, který se použije. Ručička slouží k interakci s vloženou komponentou, tedy například ke stisku tlačítka, přepnutí přepínače atd. Šipka komponentu vybírá a přesouvá, tlačítko A slouží ke vkládání a editaci textu. Další tlačítka již nejsou pro návrh čelního panelu tak důležitá. Poslední z nástrojových panelů pro návrh čelního panelu je panel Controls. Ten obsahuje mnoho návrhových prvků tlačítek, grafů, menu, textových polí atd. Tento panel lze navíc podle vlastních požadavků upravovat. Lze například skrýt nástroje, které nepoužíváme, nebo lze měnit zobrazení mezi ikonovým, textovým či kombinovaným.



Obr. 9: Horní lišta LabView



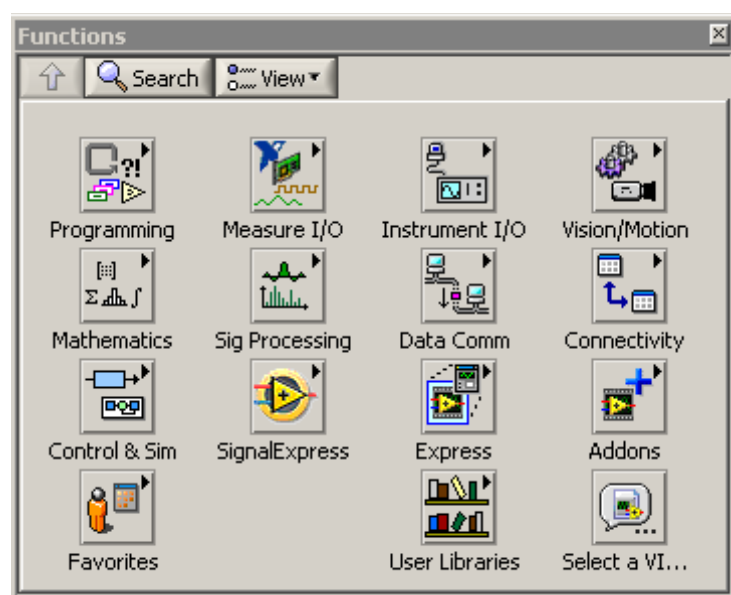
Obr. 10: panel Tools



Obr. 11: Panel Controls

Pro návrh blokového schématu jsou na horní liště navíc tlačítka, která slouží pro ladění programu. Při aktivaci tlačítka žárovky bude program po spuštění zobrazovat průběh blokovým schématem a tak ukáže, jak se program chová. Při návrhu blokového schématu u panelu Tools navíc využijeme další tlačítka. Především se jedná o cívku drátu, ta je velmi potřebná k propojování jednotlivých bloků programu. Dalším tlačítkem – šipkou s blokem menu vyvoláme panel obdobný panelu Controls, resp. v případě blokového diagramu panelu Functions, pro vložení

požadovaného nástroje. Nicméně tento nástroj při otevřeném panelu Functions poměrně pozbývá potřeby. Tlačítko otevřené dlaně slouží k posouvání celého obrazu návrhu. Červený puntík vkládá do programu tzv. Break point, který slouží převážně k ladění, kdy se na tomto bodě program pozastaví a čeká na interakci uživatele. Zároveň při tomto pozastavení zobrazí aktuální stav programu. Tlačítko se žlutým kolečkem a písmenem P slouží ke vložení sondy, která signalizuje hodnoty proměnných na libovolném místě v programu. Kapátko pak slouží k načtení barvy z již použitého nástroje a poslední tlačítko barvu vybírá. Při bližším pohledu na panel Functions zjistíme, že nabízí mnoho kategorií nástrojů. Z nejpoužívanějších lze zmínit Programming, který obsahuje struktury, pole, numerické konstanty, či řídicí nástroje. Pod kategorií Mathematics se skrývají matematické operace, operace s maticemi, a další běžné matematické výpočty a operace.



Obr. 12: Panel Functions

Konkrétní programování v LabView pak probíhá vkládáním jednotlivých funkcí nebo grafických komponent na plochu blokového schématu nebo návrhu čelního panelu. Pokud chci například vytvořit jednoduchý program, který pomocí přepnutí tlačítka rozsvítí diodu, stačí tyto 2 komponenty vložit do návrhu čelního panelu jako na obrázku Obr. 13, a následně propojit v blokovém schématu výstup z tlačítka se vstupem diody jako na obrázku Obr. 14. Tento program aby fungoval v reálném čase, musíme spustit v nekonečné smyčce. Toho docílíme stiskem tlačítka se dvěma šipkami v kruhu (druhé tlačítko na obrázku Obr. 9). Při přepínání přepínače by se pak měla rozžít a zhasínat dioda.



Obr. 13: Přepínač a dioda



Obr. 14: Propojení v blokovém schématu

2.9. Měřicí systémy

Dosud v této práci byly popsány DAQ měřicí karty, univerzální měřicí karty, program LabView, ale nebyl kladen důraz na systém jako na celek. Hardwarové části lze běžně kombinovat s různými programy a naopak. Stejně tak lze hardware vzájemně různě kombinovat mezi sebou. Společnost National Instruments dnes nabízí mnoho různých řešení. Stejně jako ostatní společnosti, které podobné systémy nabízejí, se snaží poskytnout zákazníkovi měřicí systém složený jak z hardwarových měřicích karet, tak softwarovým produktem, který umožní s hardwarem pracovat. Možných řešení je tolik, že není možné je do krátkého odstavce možné shrnout.

Jen National Instruments nabízí měřicí karty pro rozhraní od PCI až po Ethernet nebo wi-fi, dále se liší počtem měřicích kanálů, účelem co potřebujeme měřit a operačním systémem, pro který je zařízení určeno. K měřicí kartě dle vybraných parametrů pak je nutné vybrat software. National Instruments nabízí systémů několik, ale i LabView nabízí řešení v několika různých verzích.

2.9.1. Měřicí systémy od National Instruments

Společnost National Instruments byla založena roku 1976 v Texasu. Dnes mají zastoupení ve více než 40 zemích a více než 30 000 zákazníků. Na trhu s měřicími systémy jsou jedni z největších dodavatelů.

Dnešní trh s měřicími kartami je velice rozšířený a co do množství nabízených produktů tomu není jinak ani u National Instruments. V jejich nabídce tak najdeme měřicí systémy pro všechna běžně používaná počítačová rozhraní: PCI, PCI express, PCMCIA, USB, Ethernet, wi-fi, atd. Dalším kritériem a dalo by se říct, že i jedním z nejdůležitějších, je typ měření, který od karty očekáváme: Napětí, proud, frekvenci, odpor, teplotu, atd. Dále je u těchto karet rozhodující počet vstupních a výstupních kanálů a to ať analogových, tak i digitálních. Počty těchto kanálů se mohou velice lišit, ale maximální počet těchto kanálů není přímo omezen díky kombinovatelnosti jednotlivých karet jako komponent. K veškerým těmto měřicím systémům je nabízen software LabView, popřípadě jiný odlehčený systém, který z programu LabView vychází.

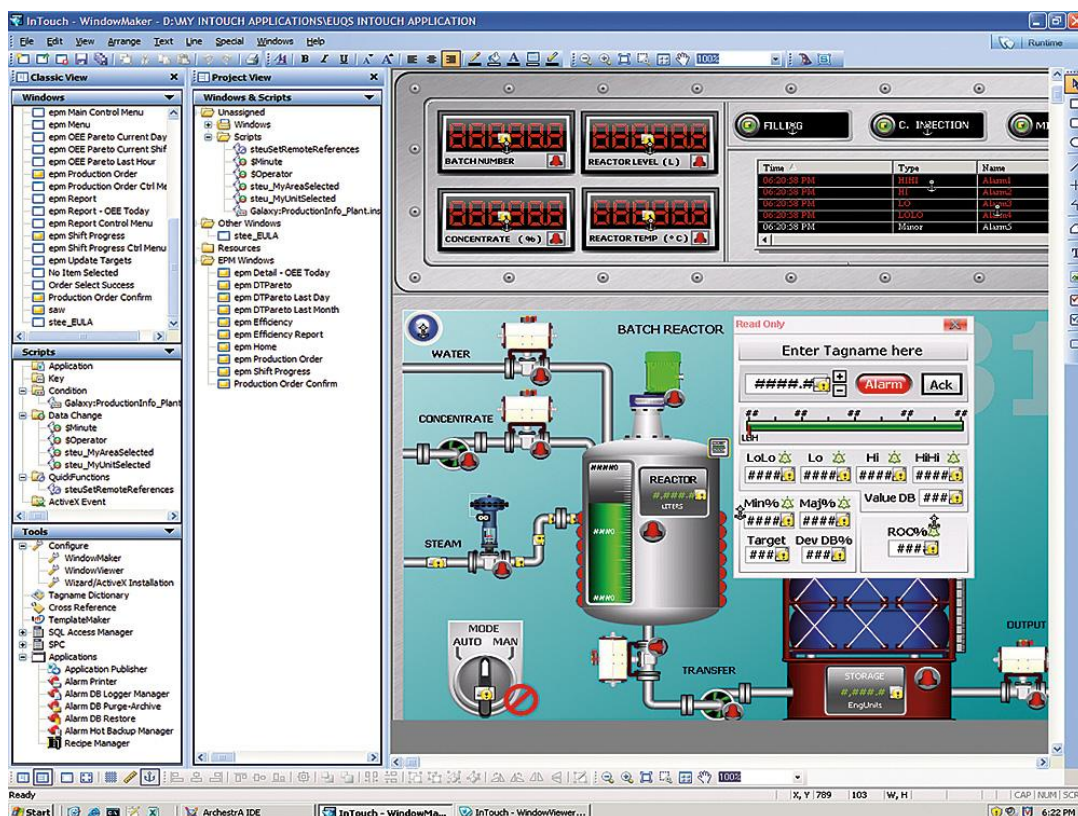
2.9.2. Měřicí systémy od jiných společností

Control Web je komplexní software, který může být adekvátní náhradou programu LabView. Je to programový systém, pro rychlý vývoj aplikací v průmyslu, laboratořích, školách atd. Umožňuje vizualizaci a řízení technických procesů v reálném čase, může fungovat jako most mezi informačním systémem podniku a technologiemi, se kterými se v podniku pracuje. Umožňuje přímé řízení strojů a přístrojů. Je určen také pro simulaci, výzkum, vývoj a výuku.

Control Web je navrhnout jako systém nezávislý na použitém hardware. S patřičným ovladačem pak komunikuje s jakýmkoliv průmyslovým zařízením.

Společnost Moravské přístroje a.s. byla založena roku 1991 a v České republice má silné zázemí uživatelů. Společnost nenabízí jen zmíněný software Control Web, ale i průmyslové počítače a další zařízení, které mohou s aplikací spolupracovat nebo ji na nich provozovat.

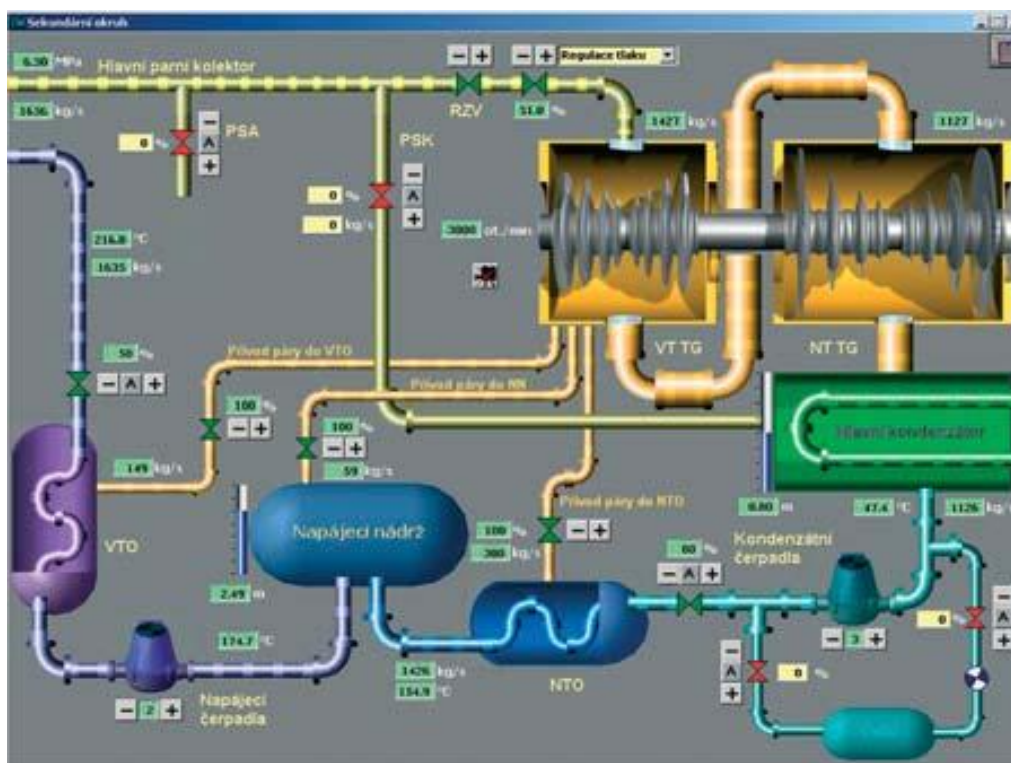
Společnost Wonderware Corporation je nadnárodní společnost a jejich řešení používá přes 40 000 klientů. Má široké spektrum produktů a řešení, která nabízí. Jedním z produktů je i **InTouch**. Je to 32-bitový, objektově orientovaný grafický software pro vytváření aplikací typu HMI pro sledování a řízení procesů v oblasti průmyslové automatizace pracující pod operačními systémy Microsoft Windows.



Obr. 15: Obrazovka se systémem InTouch [13]

InTouch umožňuje uživatelům vytvářet a nasazovat plně distribuované aplikace, které slouží jako rozhraní pro operátory a jsou integrované s dalšími aplikacemi z rodiny FactorySuite 2000 pro řízení procesů, sledování výroby, sběr procesních dat, řízení dávkových procesů a poskytování dat do sítě Internet. Aplikace mohou být nasazeny v sériových (kusových), spojitých, DCS, SCADA a dalších typech výrobních prostředí. Společnost Wonderware, průkopník použití systému Windows v oblasti průmyslové automatizace, nabízí již sedmou generaci tohoto celosvětově nejrozšířenějšího průmyslového software typu HMI.

Aplikace Wonderware InTouch pokrývají celosvětově široký rozsah různých oblastí trhu - např. výrobu potravin, výrobu polovodičů, zpracování ropy a plynu, výrobu automobilů, chemický, farmaceutický a papírenský průmysl, dopravu, služby atd. InTouch byl vybrán, aby pomohl razit tunel pod kanálem La Manche, což je jeden z největších stavebních projektů lidstva, a nyní v něm monitoruje dopravní provoz. InTouch byl použit při sledování experimentů probíhajících na palubě raketoplánu NASA. V největší světové sklárně ve Venezuele zvolili InTouch jako standardní HMI software. Ve firmě Eastman Kodak dohlíží InTouch na balení rentgenových filmů pro stomatologické použití. Pivovar Blitz-Weinhard dosáhl po instalaci systému InTouch významného zlepšení řízení výroby a její kvality. InTouch je použit v Jižní Africe při těžbě nerostných surovin a fermentačních procesech v potravinářství; řídí produkci vitamínu C v Číně; v USA, Švédsku a Německu vyrábí nákladní i osobní automobily a zemědělské stroje.



Obr. 16: Obrazovka ze systému Control Web [12]

2.10. Další produkty od National Instruments

DIAdém:

Je systém pro správu, uchovávání a interpretaci dat posbíraných při měření, nebo simulacích. Je navrhnut tak, aby při množství dat, které se dnes běžně uchovává, k nim mohl rychle uživatel přistupovat. Samozřejmostí jsou velké možnosti zobrazování nasbíraných výsledků. Umí data i kontrolovat nebo analyzovat na základě vstupních parametrů.

Measurement studio:

Measurement studio je komponenta určená pro vývojáře v podobě knihoven pro Visual Studio 2008 a velice usnadňuje práci při vývoji měřicích aplikací.

MATRIXx:

Nástroj pro tvorbu modelů a interaktivních simulací. Vytváří na základě analýz systémových modelů algoritmy optimalizované pro jazyk C, nebo Ada. Automaticky vytváří dokumentaci, sám aplikaci kontroluje.

Multiaim:

Nástroj pro vytváření simulací pomocí intuitivního uživatelského rozhraní. Umí pracovat jak s měřenými daty, tak s virtuálními hodnotami a tak vytvářet simulace na základě požadavků uživatele. Spolupracuje úzce s programem Ultiboard.

Ultiboard:

Nástroj na vytváření a návrh tištěných spojů a elektronických obvodů. Obsahuje utility na vytváření šablon pro snadné další použití ve výrobě.

Switch executive:

Je přepínákový systém, který na základě jednoduchého návrhu od uživatele umí pracovat s externími přepínači. Opět se u tohoto programu využívá obdobný systém návrhu jako u LabView.

TestStand:

Software pro urychlení návrhu a vývoje automatizovaných systémů. Obsahuje různorodá testovací rozhraní pro různé programovací jazyky.

VI Logger:

Program pro práci s logy, tzn. s již uloženými daty. Usnadňuje jejich interpretaci, sdílení, obnovu atp.

Machina Vision:

Aplikace pro zachytávání a zpracovávání obrázků pořízených nejen průmyslovými kamerami a fotoaparáty.

3. Hardwarová část projektu

Projekt se skládá z několika základních hardwarových součástí. Pokud pomineme počítač jako hardware, ve kterém musí být nainstalovány patřičné ovladače, pro projekt je použita DAQ karta od National Instruments typ: NI USB-6210, přípravek vytvořený z několika elektronických součástek a samozřejmě potřebná kabeláž.

Celek tedy tvoří PC se systémem LabView a ovladači pro kartu NI USB-6210, které je připojeno ke zmíněné kartě pomocí USB kabelu. Karta obsahuje USB převodník. Ke kartě jsou připojeny na kanály CH12 – CH15 součástky přípravku pomocí 37-pinového konektoru Canon. Přípravek navíc obsahuje topný odpor, díky kterému lze zvyšovat teplotu měřené kapaliny pomocí externího zdroje.

3.1. DAQ měřicí karta

Pro projekt byla využita měřicí karta NI USB-6210. Obecně se karta vyznačuje vysokou rychlostí přenosu přes USB rozhraní a univerzálností použití. Karta má následující parametry:

- Rozhraní pro PC: USB
- Určeno pro OS: Windows, Linux, Mac OS
- Typ měření: Napětí
- Kanálů: 16 analogových, 8 digitálních
- Rychlost vzorkování: 250 000 vzorků /s (250 kS/s)
- Rozlišení: 16 bit
- Maximální rozsah napětí: od -10 V do +10 V
- Citlivost při max. napětí: 91,6 μ V
- Minimální rozsah napětí: od -200 mV do +200 mV
- Citlivost při min. rozsahu: 4,8 μ V
- Vnitřní paměť: 4095 vzorků
- Časovače: 2
- Rozlišení časovačů: 32 bit

Pro potřeby měření v laboratořích VŠB byla měřicí karta zapojena do obvodu, který je znázorněn na obrazové příloze Příloha 1. Pro napájení byl integrován zdroj 2 x 12 V s použitím usměrňovacího můstku. Do obvodu jsou zapojeny zdíčky pro měření napětí a zdíčky pro měření proudu. Pro připojení přípravku byl použit 37-pinový konektor Canon.

3.2. Přípravek měření teploty

Přípravek pro měření teploty, je vyroben z několika elektronických součástek, z nichž hlavními jsou dioda, termistor, SMT160, převodník PT1000 se sondou T4715A, dále 37-pinový konektor Canon a topný odpor 27Ω 10W, napájený 18 V externím zdrojem, určený pro ohřev oleje, který má být předmětem měření teploty. Přesné schéma zapojení je v obrazové příloze Příloha 2. Na všech součástkách je měřeno napětí a to je pak následně převedeno pomocí přepočtu na požadovanou veličinu.

3.2.1. Dioda

Pro potřeby projektu byla využita křemíková dioda 1N4 007. Pracovní teplota této součástky je od -55°C do $+150^{\circ}\text{C}$. Na základě změny teploty se mění její charakteristika, a proto lze na diodě měřit úbytek napětí, který se mění s měnící se teplotou.



Obr. 17: Dioda 1N4 007 [17]

3.2.2. Termistor

Součástka termistoru je jedna z nejpoužívanějších součástek pro měření teploty. Pro projekt byl využit termistor s odporem $2,2\text{ k}\Omega$. Pracovní teplota použitého termistoru je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$ a nominální odpor vykazuje při teplotě 25°C . V projektu se na termistoru měří napětí, které je následně přepočítáno dle vztahu (vz. 2) a získána tak výsledná hodnota odporu.

3.2.3. SMT160

SMT160 je integrovaný obvod určený pro měření teploty. Jeho teplotní rozsah je od -45°C do 150°C . Přesnost určení teploty je $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$. Má digitální výstup, takže je možné ji přímo připojit k mikrokontroléru bez nutnosti použití A/D převodníku. Součástka má 3 piny a připojuje se do obvodu takto: Na pin 2 je přivedeno napájení, pin 3 je připojen k zemi a pin 1 slouží pro

výstup. V projektu použitá DAQ karta sice umožňuje měřit digitální signál, avšak v tomto konkrétním případě by bylo zapojení složitější. Bez použití digitálního měření lze u tohoto integrovaného obvodu získat teplotu tak, že u hodnot, které získávám měřením napětí, rozhoduju, jestli jsou větší nebo menší než hodnota zvolená hodnota. Nižší hodnoty jsou vyhodnoceny jako logická 0, vyšší jako logická 1 a ze získaných hodnot vytvořím průměr.

3.2.4. PT1000

Teplotní sondy PT1000 jsou určeny pro měření teplot v průmyslových podmínkách. Výrobce sondy použité v projektu je společnost Honeywell a je určena pro snímání teploty vodního potrubí, slunečních kolektorů, nebo pro snímání teploty vzduchu. Rozsah měření je od 0°C do +150°C. Sonda při změně teploty mění hodnotu odporu. Jmenovitý odpor sondy je 1000Ω při 0°C. Za sondou je připojen průmyslový převodník typ P4131, který převádí hodnotu odporu na proud 4 – 20mA. Teplota 0°C odpovídá proudu 4mA a teplota 150°C odpovídá 20mA. V projektu je měřen úbytek napětí na odporu 100Ω, který je tímto proudem vyvolán a který se mění s teplotou.



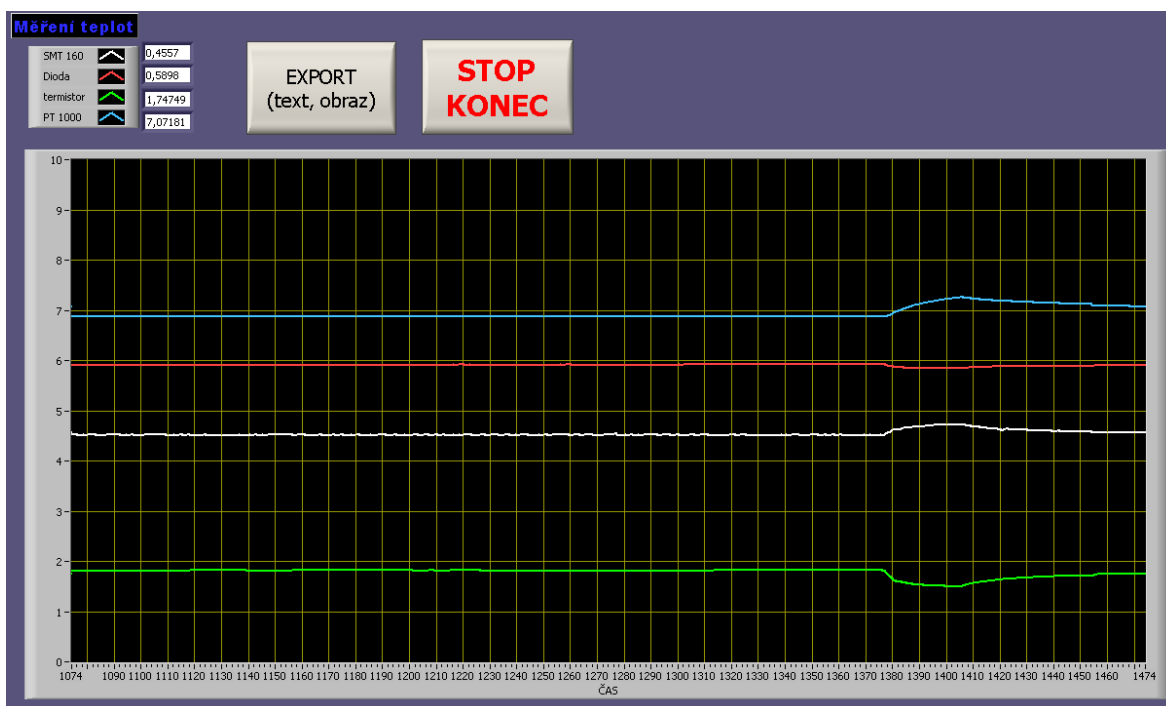
Obr. 18: Převodník pro sondu PT1000. [2]

4. Softwarová část projektu

Projekt byl vytvořen v programu LabView a skládá se ze dvou základních částí. Z grafického uživatelského rozhraní a z blokového schématu programu. V této kapitole lze nalézt popis všech částí vytvořené aplikace i s výpočty, které v ní jsou prováděny, stejně jako popis grafického rozhraní.

4.1. Grafické rozhraní

Grafické rozhraní aplikace vychází z nabízených nástrojů aplikace LabView. Na obrazovce aplikace je vidět graf, jako hlavní prvek, který ukazuje průběh měřených hodnot teploty. V levém horním rohu pod nadpisem je legenda k jednotlivým průběhům grafu a vedle těchto jsou odpovídající aktuální měřené hodnoty. Vedle těchto hodnot jsou 2 tlačítka. Tlačítko „EXPORT“ slouží k uložení naměřených dat do textového souboru a obrazu grafu. Po stisku tlačítka „EXPORT“ bude uživatel dotázán nejdříve na cestu a název textového souboru, do kterého uloží naměřené hodnoty v podobě tabulky a po zvolení bude opět dotázán na cestu a název souboru k uložení aktuálního obrazu grafu. Po celou dobu, kdy uživatel vybírá cestu a názvy souborů, je program pozastaven. Po uložení program pokračuje v místě, kde přestal. Tlačítkem „STOP KONEC“ dojde k zastavení programu a tedy i zastavení měření a průběhu grafu.



Obr. 19: Čelní panel aplikace měření teplot.

4.2. Průběh programu a výpočty

Program na měření teplot obsahuje několik zásadních částí, které budou dále blíže popsány (Blokové schéma programu je v příloze Příloha 3). Celkový, shrnutý průběh programu vypadá následovně. Především je téměř celý program umístěn v cyklu „while“. Tím je docíleno provádění měření, dokud není zastaveno uživatelem nebo chybou programu. Cyklus obsahuje podprogram, který zajišťuje měření hodnot přes měřicí kartu. Hodnoty jsou pak přebírány indexovým polem a po přepočtech jsou jednak zobrazeny na display aktuální hodnoty a jednak vyznačeny do grafu. Hodnoty pro graf jsou částečně upraveny, aby bylo docíleno zobrazení v adekvátním měřítku. Program dále pracuje s časovačem, čímž je dosaženo získání pouze jednoho vzorku z každého kanálu za jednu sekundu. Navíc program obsahuje část, která zajišťuje export dat a to jak do textové podoby měřených hodnot, tak do podoby obrazu, který zobrazuje průběh grafu.

Výpočet hodnoty odporu na termistoru

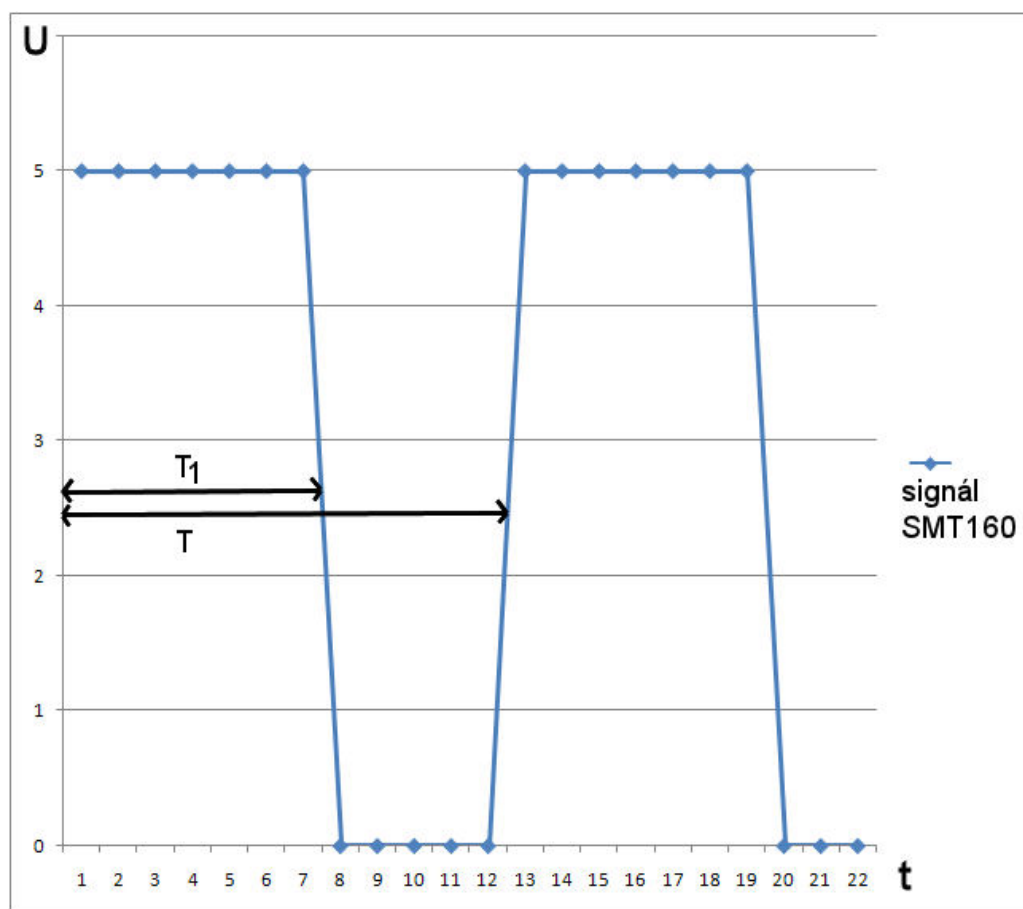
Hodnotu odporu je v projektu přepočítávána pomocí následujícího vztahu (vz.2). Po dosazení měřené hodnoty napětí získáme výslednou hodnotu odporu.

$$R = \frac{5 - U}{\frac{4700U}{10000} - \frac{1}{1000}} \quad \text{Vz.2}$$

Výpočet hodnoty střídý na integrovaném obvodu SMT160

Hodnotu teploty získáme pomocí integrovaného obvodu výpočtem střídý. Střídý získáme z následujícího vztahu (vz.3), kde střída je značena jako DC, T odpovídá času, po který probíhá jedna perioda signálu, T_1 vyjadřuje čas, po který je v signálu hodnota logické 1. Pro snazší přepočet lze použít hodnotu N, která vyjadřuje počet vzorků. Konkrétně N_5 zastupuje počet vzorků naměřených hodnot $U = 5V$, a $N_{celk.}$ vyjadřuje počet vzorků za periodu. Střída se tedy pohybuje mezi hodnotami 0 a 1 a čím vyšší číslo, tím odpovídá větší teplotě. Pro lepší představu je dále obrázek Obr. 20, který situaci znázorňuje.

$$DC = \frac{T_1}{T} = \frac{N_{5V}}{N_{celk.}} \quad \text{Vz.3}$$



Obr. 20: průběh signálu SMT160 s vyznačením hodnot T a T_1

Výpočet proudu na převodníku P4131 se sondou PT1000

Požadovanou hodnotu proudu od 4 do 20mA získáme pomocí přepočtu vycházejícího ze vztahu odvozeného z Ohmova zákona (vz.4). V obvodu je měřen úbytek napětí na rezistoru o hodnotě 100Ω .

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{100}$$

Vz.4

4.3. Popis součástí

Získání hodnot

Před vstupem do hlavního cyklu programu je vytvořeno pole konstant obsahujících hodnoty vstupů měřicího zařízení, kterým je následně ve smyčce nastaven podprogram provádějící měření (viz. Příloha 4). Do něj vstupují ještě hodnoty vzorkovací frekvence a počet vzorků na kanál. Z podprogramu vystupují naměřené hodnoty teploty jako dvourozměrné pole hodnot a vstupují do indexovaného pole.

Podprogram byl použit již existující a nebyl tak původně vytvořen pro tento konkrétní projekt. Funguje tak, že inicializuje, nastaví časovač programu, nastaví vstupující hodnoty počtu vzorků a vzorkovací frekvence a dále čte data z vybraných kanálů.

Indexované pole

V indexovaném poli se tak nachází 4 řádky hodnot, kde každý z řádků reprezentuje naměřené hodnoty z jednoho kanálu. Jako jednotlivé řádky s indexem 0 – 3 vystupují do dalších výpočtů.

Výpočty nad měřenými hodnotami

Hodnoty, které jsou získány z indexovaného pole, jsou v podobě jednorozměrného pole každého řádku. Každý z řádků je pak vyhodnocen funkcí, která získá z tohoto pole prostřední hodnotu a nadále program pracuje jen s jednou hodnotou na každý kanál. U některých kanálů je nad těmito hodnotami prováděn výpočet. Výpočty jednotlivých výsledných hodnot jsou uvedeny v předchozí kapitole. Po získání výsledné hodnoty jsou tyto zobrazeny na ukazatel aktuální hodnoty a do grafu.

Zobrazení dat do grafu

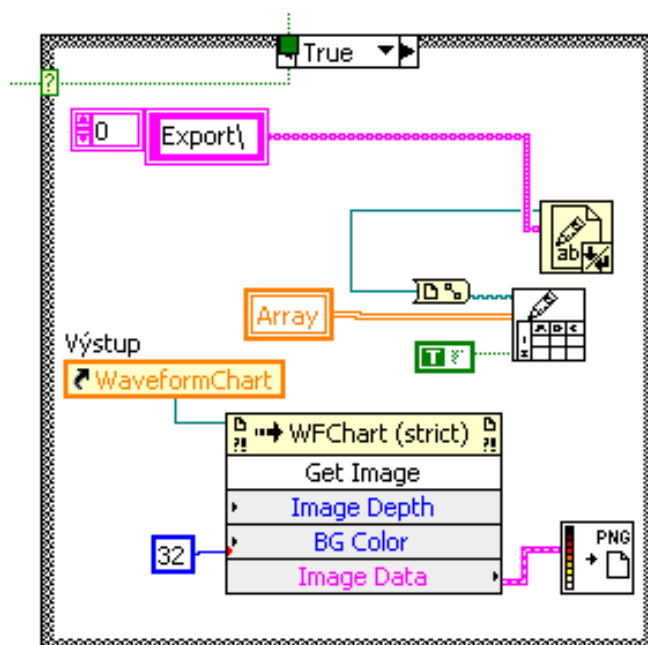
Pro zobrazení získaných dat do grafu bylo nutné u některých hodnot provést přepočet kvůli zobrazovanému měřítku. Konkrétně 2 z měřených hodnot se pohybují v intervalu (0,1) a druhé 2 v intervalu (0,10). Proto byly první 2 vynásobeny číslem 10 a tím bylo docíleno zobrazení všech hodnot do stejného grafu. Hodnoty, které se pak exportují do souboru, a které se zobrazují na ukazateli aktuálních hodnot, jsou bez násobku čísla 10.

Export do textového souboru

Textový soubor je exportován pomocí vestavěných funkcí pro zápis textu do souboru a pro zápis tabulkového souboru, které jsou umístěny v podmínce „case“. Podmínka bude splněna při stisku tlačítka „EXPORT“. Do této funkce vstupují jednak data z pole, které je vytvářeno po celou dobu běhu programu, jednak textové pole s popisy sloupců jako hlavička textového souboru.

Export do souboru obrazu

Výstup do souboru obrazu „png“ je vyvolán stejnou podmínkovou strukturou „case“, kterou je vyvolán export textového souboru, a tedy stiskem tlačítka „EXPORT“. Pro tento výstup do souboru je použita vestavěná funkce „Invoke node“, která vyvolává nějakou událost na základě druhu vstupních dat a zvolených parametrů od uživatele. V tomto případě je na vstup přivedena reference grafu a zvolena metoda „Get Image“. Na základě této metody se pak volí parametry druhu souboru, barevné hloubky, kvality, atd.



Obr. 21: Blokové schéma části programu pro export dat do souborů

5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření softwarové aplikace pro laboratorní měření v předmětu Elektronika (na strojní fakultě). Zároveň bylo úkolem práce seznámit se s měřením pomocí PC, měřicími kartami a se softwarovými prostředky pro PC měření.

Úspěšně byla vytvořena aplikace v softwarovém prostředí LabView, která nepřímo měří teplotu za pomoci připraveného zařízení. Teplotu získáváme čtyřmi různými způsoby – se součástkami diody, termistoru, integrovaného obvodu SMT160 a sondy PT1000 s převodníkem. Aplikace dále hodnoty zpracovává a na výstupu pak zobrazuje naměřené hodnoty v jednotkách Ω , mA, V, a hodnota střídavé. Určení teploty na základě těchto hodnot bude předmětem laboratorních měření studentů ve zmíněném předmětu Elektronika. Zkušební měření bylo prováděno pomocí zařízení NI USB-6210 od společnosti National Instruments.

V práci bylo dále přiblíženo mnoho detailů kolem problematiky měření pomocí PC, problematiky měřících karet, A/D a D/A převodníků. Stejně tak zde bylo popsáno prostředí softwarového systému LabView, který byl pro vývoj měřicí aplikace použit. Všechna data byla čerpána z uvedených zdrojů a velká část byla přezkoumána z nezávislých zdrojů z důvodů možných nesrovnalostí u různých autorů.

Všechny cíle práce byly splněny.

6. Literatura a prameny

- [1] Jeffrey Travis, *LabView for Everyone SE*, Prentice Hall PTR, USA 2002, ISBN 0-12-065096-X
- [2] *Návod k použití: Snímače teploty a převodníky s proudovým výstupem (4-20) mA*, I-SNC-Pxxxx-03
- [3] National Instruments, *Data acquisition (DAQ) Hardware* [online], c2009, <<http://www.ni.com/dataacquisition/>>
- [4] National Instruments, *LabView* [online], c2009, <<http://www.ni.com/labview/>>
- [5] National Instruments, *Products and Services*: Další software od National Instruments, c2009, <<http://www.ni.com/products/>>
- [6] National Instruments, *NI USB 6210, 16-bit, 250 kS/s M series Multifunction DAQ, Bus-powered*, [online], c2009, <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203189>>
- [7] Wikipedia, *LabView* [online], Last modified 18.August 2009, <<http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>>
- [8] Wikipedia, *Graphical programming language* [online], Last modified 16.August 2009, <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_programming>
- [9] Wikipedia, *Virtual Instrumentation* [online], Last modified 9.February 2009, <http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_instrumentation>
- [10] Wikipedia, *Teplota* [online], naposledy editována 14.7.2009, <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Teplota>>
- [11] Wikipedia, *A/D převodník* [online], naposledy editována 13.7.2009, <http://cs.wikipedia.org/wiki/A/D_p%C5%99evodn%C3%ADk>
- [12] Moravské přístroje a.s., *Control Web* [online], naposledy editována 22.4.2009, <<http://www.mii.cz/>>
- [13] Wonderware, *Wonderware InTouch HMI* [online], c2002-2009, <<http://global.wonderware.com/EN/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>>
- [14] Automatizace, *Zásuvné desky do PC pro automatizaci a řízení* [online], vytvořeno v říjnu 2006, <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1456>>
- [15] Ing. Václav Kolář, PhD, Doc. Ing. Václav Vrána, CSc, *Elektrické obvody stejnosměrného proudu* [syllabus], naposledy editován březen 2007, dostupný na <http://fei1.vsb.cz/kat452/VSB.CZ/hgf/elektrotechnika/sylab_ss_obvody_bc.pdf>
- [16] Hy-Line Sensor-tec, *Temperature sensor with digital output: specification sheet SMT-160-30* [PDF dokument], vytvořeno 4.2.2000, dostupný na <http://fl.hw.cz/new_comp/smt/smt_smt160.pdf>
- [17] GM-Electronic, *IN4007* [PDF dokument], naposledy editován 28.2.2001, dostupný na <http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/220/220-002/dsh.220-002.1.pdf>

7. Přílohy

Obrazové přílohy:

Příloha I: Schéma zapojení měřicí DAQ karty pro potřeby VŠB-TUO

Příloha II: Schéma zapojení přípravku teploměrů

Příloha III: Blokové schéma měřícího programu

Příloha IV: Blokové schéma měřícího podprogramu

Příloha V: Příklad exportního PNG souboru z měřícího programu

Textové přílohy:

Příloha VI: Příklad exportního textového souboru z měřícího programu

CD příloha:

K práci je přiloženo CD s následujícím obsahem:

- Bakalářská práce - dokument MS Word 2007: na cd umístěna: ../bc_prace/BC_kla112.docx
- Bakalářská práce - dokument MS Word 1997 - 2003: na cd umístěna: ../bc_prace/BC_kla112.docx
- Kopie příloh bakalářské práce: umístěny v adresáři ../prilohy/
- Zkompilovaný, spustitelný program Teploměry: umístěn na CD: ../prog/teplomery.exe
- Zdrojový soubor programu Teploměry: na CD umístěn: ../src/teplomer_final.vi